

Epreuve de turbomachines – Durée 45 mn

A- Une pompe puise de l'eau à travers le filtre A et le rejette dans un réservoir de grande dimension avec un débit de 4 litres/seconde. La dénivellation est de 10 m. Les pertes de charges sont réparties de la manière suivante :

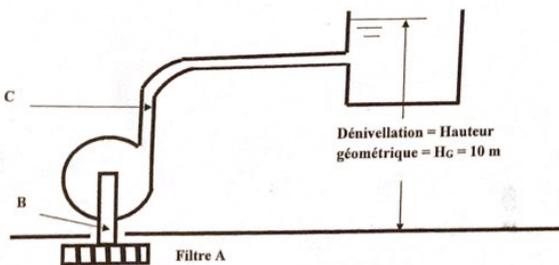
- Pertes de charge dans A :  $\Delta H_A = 1.5 \frac{V_B^2}{2g}$  où  $V_B$  est la vitesse moyenne dans la canalisation B.
- Pertes de charge dans la canalisation B dont le coefficient de perte de charge est donné par  $\lambda_B = 0.316 Re^{-1}$  (Longueur et diamètre de la canalisation B :  $L_B = 3$  m,  $D_B = 5$  cm).
- Pertes de charge dans la canalisation C,  $\lambda_C = \lambda_B$  (Longueur et diamètre de la canalisation C :  $L_C = 30$  m,  $D_C = 3$  cm).

1°) Quelle est la hauteur nette que doit délivrer la pompe ?

B- La pompe considérée est centrifuge, à entrée radiale et ayant un rendement de 70%. La roue de la pompe tournant à ~~1370~~ 1450 tours/mn, possède une roue de diamètre extérieur  $D_2 = 0,25$  m et une section de sortie valant  $0,007$  m<sup>2</sup>, alors que l'angle de sortie  $\beta = (\beta_2, \vec{v}_2)$  vaut  $150^\circ$ .

- Calculer la vitesse de rotation de la pompe en tours/minutes.

C- En gardant la même pompe et en doublant la vitesse de rotation, quels seraient le nouveau débit et la nouvelle hauteur nette de la pompe ?



Turbomachines

Exercice 1: A

Pour irriguer des jardins on utilise l'eau d'un canal dont le niveau se trouve à ~~200~~ 200 m en dessous de l'axe horizontal de la pompe, qui doit débiter,  $170$  m<sup>3</sup>/h d'eau. Dans ces conditions, le NPSH requis est de  $63745$  Pa. Entre le canal et la pompe on doit installer une canalisation de  $80$  m de long en tube bitumé de rugosité  $0.05$  mm, comprenant un coude de  $90^\circ$  de coefficient de perte de charge  $K_1 = 0.26$ , une crépine - filtre placé à l'extrémité de la conduite donc immergé dans le canal - et un clapet de pied pour maintenir la conduite et la pompe pleines d'eau (question d'amorçage) - dont le coefficient de perte de charge global est de  $K_2 = 0.9$ . Le NPSH disponible impose le choix du diamètre de la conduite, sachant bien que le prix dépend de cette dimension. Déterminer le diamètre minimal donc le moins coûteux - à donner à cette conduite, parmi les valeurs commerciales:  $100 - 125 - 150 - 200 - 300$ ... données en mm. On commencera par  $125$  mm. La température de l'eau ne dépassant pas  $20^\circ\text{C}$  dans le canal, on prendra pour pression de vapeur saturante  $2338$  Pa, pour masse volumique  $998$  kg/m<sup>3</sup> et pour viscosité cinématique  $10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

Exercice 2 : Choix d'une pompe par similitude

Une pompe de diamètre  $D=0,25$  m, tournant à  $1450$  tours/mn, a les caractéristiques suivantes :

$Q_v$ (m <sup>3</sup> /s) * 10 <sup>-4</sup>	614	735	859	983	1107	1228
$H_n$ (m)	21,1	20,2	19,3	18,1	16,6	13,3
$\eta$ net	0,72	0,77	0,84	0,86	0,78	0,7

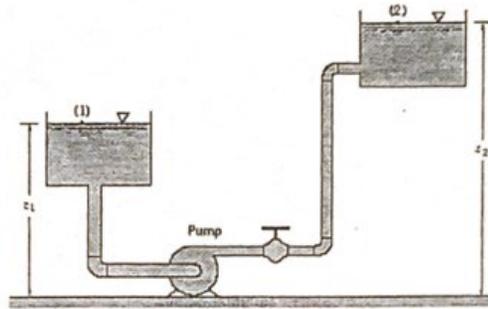
On dispose de pompes géométriquement semblables de diamètres  $0,3$ m,  $0,25$ m,  $0,22$ m, et  $0,19$ m pouvant tourner à  $1750$ ,  $1450$ ,  $1150$ ,  $850$  tours/mn.

- Quel diamètre et quelle vitesse de rotation doit-on choisir pour obtenir un débit de  $0.0523$  m<sup>3</sup>/s et une hauteur nette de  $15,4$  m.
- Calculer la puissance absorbée par la pompe choisie, au point de fonctionnement ci-dessus.

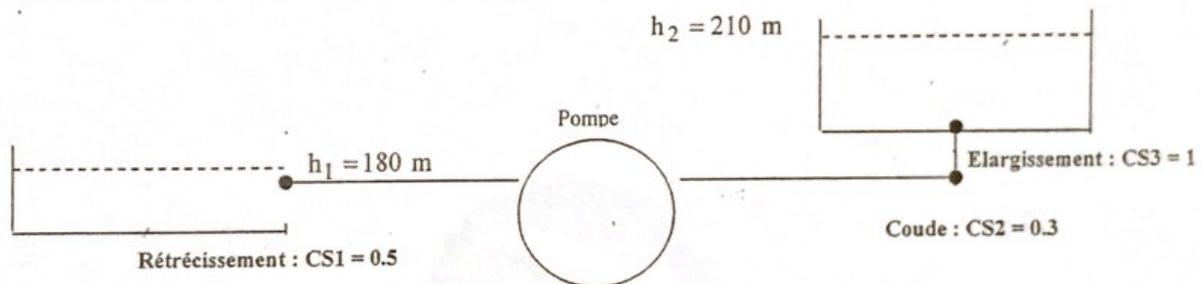


### Turbomachines (Point de fonctionnement d'une Pompe)

**Exercice I :** Une pompe centrifuge ayant une hauteur manométrique donnée par l'équation :  $H_n(m) = 180 - 6100 Q^2$ . Le débit volumique  $Q$  est en  $m^3/s$ . Pour  $z_2 - z_1 = 50$  m, quel serait le débit délivré si la conduite est de longueur 60 m ? On supposera que le diamètre de la conduite est de 0.1 m et que le coefficient de perte de charge linéaire est de 0.02. Calculer le nombre de Reynolds et commenter le résultat obtenu.



### Exercice II : Point de Fonctionnement d'un circuit



Longueur de la conduite :  $L = 300$  mètres

Diamètre de la conduite :  $D = 30$  cm

1°) Quel est le débit d'eau dans le système ci-dessus avec un coefficient de frottement  $\frac{\lambda}{2} = 1.875 \cdot 10^{-3}$

et la caractéristique de la pompe est donnée par :  $H_n = 43,1 - 128 q_v - 140 q_v^2$ ,  $H_n$  est la hauteur nette ou hauteur manométrique et  $q_v$  étant le débit en  $m^3/s$ .

2°) Que peut-on dire du régime d'écoulement ?

3°) Calculer la puissance nette.

### Exercice III :

### **ETUDE de l'INSTALLATION d'une POMPE entre RESERVOIRS**

Une conduite de diamètre intérieur  $D = 100$  mm, de rugosité  $\epsilon = 1$  mm, de longueur  $L = 400$  m, relie deux réservoirs d'eau entre les surfaces libres desquels la dénivellation est de 10 m. La somme de tous les coefficients de pertes de charges singulières vaut  $\sum K_i = 8$ . La viscosité de l'eau à la température moyenne de l'écoulement vaut  $10^{-3}$  Pa.s.

1) - Calculer le débit s'écoulant dans la conduite.

2) - Ce débit étant insuffisant pour l'utilisation prévue, on décide d'installer une pompe afin de le porter à  $0,015 m^3/s$  (toujours dans le sens descendant). Il faut prévoir, dans ce cas, l'adjonction d'un filtre (pour protéger la pompe) dont le coefficient de perte de charge singulière vaut  $K_f = 8$ .

- Calculer la hauteur nette de la pompe, ainsi que la puissance fournie au fluide par la pompe.

TD – Turbomachines- Série III

**Exercice I :**

Un tourniquet hydraulique est constitué comme l'indique la figure I par un réservoir cylindrique muni à sa base de deux bras horizontaux de même longueur  $R$ . Le réservoir reçoit, sous la hauteur  $H$  constante, de l'eau qui s'écoule par les deux bras, provoquant ainsi la rotation du système autour de l'axe du cylindre.

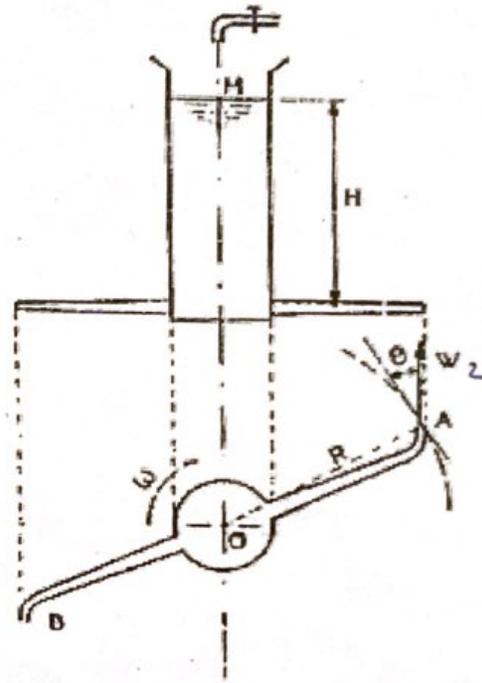


Figure I

1°) Calculer la vitesse relative de sortie  $W$  de l'eau en fonction de  $H$ , de  $R$  et de la vitesse angulaire  $\omega$  supposé constante. Quel est le couple  $C$  appliquée au tourniquet ?

2°) En admettant qu'il n'y a pas de frottement, quelle vitesse maximale  $\omega_m$  peut atteindre la machine ? Cette vitesse peut-elle être infinie ?

3°) Dans le cas général, calculer le rendement énergétique de la machine.

Discuter les cas où  $\theta = 0$  et  $\theta = \frac{\pi}{2}$ .

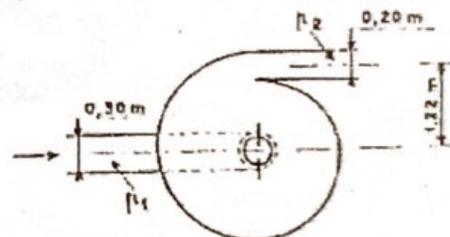


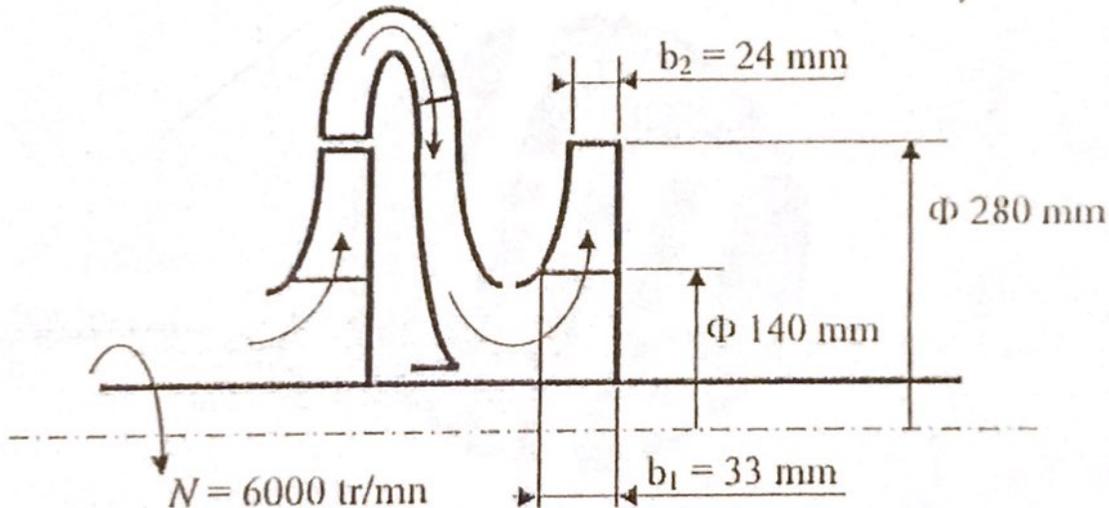
Figure II

**Exercice II :** Une pompe (figure II) débite 900 litres d'eau par minute. Sa conduite d'aspiration, horizontale, a un diamètre de 0.3 m ; sur l'axe règne une pression  $p_1$  de 0.20m de mercure au dessous de la pression atmosphérique. Sa conduite de refoulement horizontale a un diamètre de 0.20 m ; sur l'axe, situé 1.22 m plus haut que le précédent, règne une pression  $p_2$  de 0.7 bar supérieure à la pression atmosphérique. En supposant que le rendement de la pompe soit égal à 80%, quelle puissance mécanique doit-on lui fournir ? On prendra  $g = 10 \text{ m/s}^2$

## Turbomachines et Hydraulique

**Exercice 1 :** Les caractéristiques nominales (caractéristiques au rendement maximum) d'une pompe alimentaire multi-étage fournissant l'eau à la chaudière d'une centrale thermique sont les suivantes :

- Hauteur nette :  $H_n = 2000 \text{ m}$
- Débit volumique :  $q_v = 165 \text{ litre/s}$
- Vitesse de rotation :  $N = 6000 \text{ tr/mn}$
- Rendement global :  $\eta_g = 0.775$



Un premier calcul a montré que le projet était réalisable avec 5 roues centrifuges de même conception en série (voir schéma ci-dessous). Au régime nominal (au rendement maximum)

- 1°) Calculer la puissance sur l'arbre nécessaire pour entraîner la pompe.
- 2°) Tracer le triangle des vitesses d'entrée des roues (en indiquant le module de chaque vecteur vitesse et les angles du triangle).
- 3) Le rendement manométrique (rapport hauteur nette / Hauteur théorique) étant estimé à 0.8, calculer le triangle des vitesses de sortie des roues (en indiquant le module de chaque vecteur vitesse et les angles du triangle)